

oe, 1667

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

marca
da
bollo

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione OLIVETTI I-JET
Residenza Località Le Vieux - 11020 ARNAD (AO) codice 00861320018
2) Denominazione _____
Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome _____ cod. fiscale _____
denominazione studio di appartenenza _____
via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario OLIVETTI S.P.A. (C/O Giampiero BOBBIO)
via G. JERVIS n. 77 città IVREA cap 10015 (prov) TO

D. TITOLO classe proposta (sez/cl/sci) B41J gruppo/sottogruppo 3/04
PROCEDIMENTO PERFEZIONATO PER LA COSTRUZIONE DI UN CONDOTTO DI ALIMEN-
TAZIONE PER UNA TESTINA DI STAMPA A GETTO DI INCHIOSTRO

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒ SE ISTANZA: DATA _____ N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI cognome nome
1) CONTA Renato 3) _____
2) MERIALDO Anna 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione tipo di priorità numero di domanda data di deposito allegato S/R

1) _____
2) _____

SCIOGLIMENTO RISERVE	
Data	N° Protocollo

G. CENTRO AS

CULTURE DI MICRORGANISMI, derivazione

H. ANNOTAZIO



DIRITTI DEPOSITO L. 20.000
COPIA AUTENTICA L. 5.000

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 18 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) ...
Doc. 2) 2 PROV n. tav. 02 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) ...
Doc. 3) RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale ...
Doc. 4) RIS designazione inventore ...
Doc. 5) RIS documenti di priorità con traduzione in italiano ...
Doc. 6) RIS autorizzazione o atto di cessione ...
Doc. 7) nominativo completo del richiedente

SCIOGLIMENTO RISERVE
Data N° Protocollo

8: attestati di versamento, totale lire

TRECENTOESSANTACINQUEMILA

obbligatorio

COMPILATO IL 25 10 2001 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I) P.P. OLIVETTI I-JET

CONTINUA SINO NO

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO SI

Giampiero Bobbio
[Firma]

CCIAA DI

TORINO

TO

VERSALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

TO 2001 A00 1019

Lancio duemilauno

VENTICINQUE (25)

OTTOBRE

Il richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscrittore la presente domanda

1. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

[Firma]



Silvana BUSSO
UFFICIALE ROGANTE

[Firma]

Descrizione dell' Invenzione Industriale avente per titolo:

"Procedimento perfezionato per la costruzione di un condotto di alimentazione per una testina di stampa a getto di inchiostro "

a nome di Olivetti I-Jet S. p. A. di nazionalità Italiana,

con sede in Via Jervis 77, 10015 IVREA (TO)

Inventori: Conta Renato; Merialdo Anna.

*** *** ***

Il presente trovato si riferisce a un procedimento perfezionato per la costruzione di un condotto di alimentazione per una testina di stampa a getto di inchiostro, particolarmente per una testina di stampa a getto di inchiostro di tipo "top-shooter", cioè del tipo in cui le gocce di inchiostro vengono espulse perpendicolarmente al substrato contenente le camere di espulsione e gli elementi riscaldanti.

BREVE DESCRIZIONE DELLO STATO DELL'ARTE

Come è noto nella tecnica, ad esempio dal brevetto Italiano N° 1234800, e dal brevetto USA N° 5387314, una testina di stampa del tipo succitato è realizzata utilizzando come supporto una porzione di un disco sottile di silicio cristallino dello spessore di circa 0,6 mm, sul quale sono depositati con procedimenti sotto vuoto gli elementi riscaldanti, o resistori, costituiti da porzioni di uno strato elettricamente conduttore e dai relativi collegamenti verso l'esterno; i resistori sono disposti all'interno di celle ricavate nello spessore di uno strato di materiale fotosensibile, ad esempio

per consentire di realizzare sullo stesso supporto di silicio testine multiple, e/o con elevato numero di ugelli, in grado di espellere gocce molto piccole (<5 pl), particolarmente adatte per la stampa di immagini con risoluzione fotografica.

In accordo con la presente invenzione, viene presentato un procedimento perfezionato per la costruzione di un condotto di alimentazione per una testina di stampa a getto di inchiostro, caratterizzato nel modo definito nella rivendicazione principale.

Questa ed altre caratteristiche dell'invenzione appariranno più chiaramente dalla seguente descrizione di una forma preferita del procedimento di esecuzione del condotto di alimentazione, fatta a titolo esemplificativo, ma non limitativo, con riferimento alle figure degli annessi disegni.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

la figura 1 rappresenta una vista prospettica parzialmente sezionata di una testina di stampa in cui è rappresentata la disposizione di alcune celle di espulsione dell'inchiostro, collegate idraulicamente con un condotto di alimentazione costruito secondo la presente invenzione;

le figure da 2 a 6 rappresentano le fasi successive del procedimento di costruzione del condotto di alimentazione dell'inchiostro della testina di fig.1, secondo la presente invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Con riferimento alle figura 1, con 1 è indicata nel suo insieme una testina di stampa, in cui il condotto di alimentazione 2

è realizzato secondo il procedimento oggetto dell'invenzione.

La testina 1 è costituita da un elemento (dice) di supporto 3 di silicio cristallino, tagliato da un disco (wafer) più grande con orientamento cristallografico $\langle 100 \rangle$ (fig.4), e di spessore compreso tra 500 e 600 μm , delimitato da due superfici opposte 5 e 6 (fig.1), piane e parallele, rispettivamente denominate per chiarezza di esposizione, superficie anteriore 5 e superficie posteriore 6.

Una pluralità di celle 8 per l'espulsione dell'inchiostro sono ricavate nello spessore di uno strato di resina 9 di tipo fotosensibile, noto nella tecnica, e comunicano idraulicamente tramite dei canali 10 con il condotto di alimentazione 2, realizzato secondo il procedimento oggetto dell'invenzione.

Sul fondo di ciascuna cella 8 sono disposti gli elementi riscaldanti 11, ricavati in modo noto, da uno strato di materiale elettricamente resistivo, interposto tra strati isolanti formati da nitruri e carburi di silicio; gli elementi riscaldanti 11 sono a loro volta collegati elettricamente con conduttori elettrici 12 ricavati in uno strato di materiale conduttore, quale Alluminio, Tantalio, ecc. i quali sono collegati con circuiti elettronici esterni per fornire gli impulsi elettrici per l'espulsione delle gocce di inchiostro.

Infine sullo strato di resina 9 è incollata una lamina 14, che può essere di metallo, quale Oro, Nichel, o una loro lega, oppure di resina, quale KaptonTM la quale porta gli ugelli 15 di espulsione delle gocce d'inchiostro, disposti in corrispondenza con ciascuna cella 8.

e da una parete di fondo 28, opposta alla cavità 24; la profondità P_2 della cavità 26, raggiunta in senso perpendicolare alla superficie 6, dipende dal gradiente di attacco G_{100} della soluzione di attacco impiegata e dal tempo impiegato.

In una forma preferita di esecuzione, secondo l'invenzione, l'azione di attacco chimico è protratta per un tempo tale finché la profondità P_2 della cavità 26 raggiunge un valore prefissato di circa il 50% dello spessore del supporto 3, mentre la parete di fondo 28 dello scavo raggiunge una larghezza L_1 di circa $150\text{ }\mu\text{m}$, in modo da lasciare un diaframma 30 tra la parete di fondo 28 e la superficie anteriore 5 di spessore P_3 di circa $100\text{ }\mu\text{m} \pm 20\text{ }\mu\text{m}$, pari a circa il 15% - 20% dello spessore del supporto 3.

A questo punto la costruzione del condotto di alimentazione 2 viene interrotta per procedere alla deposizione sulla superficie anteriore 5 (fig. 4) di una pluralità di strati 7 necessari per creare gli elementi riscaldanti 11, i relativi conduttori elettrici 12 (fig. 1), ricoperti a loro volta da strati protettivi di nitruro e carburo di silicio 13, e uno strato 16 di Tantalio a protezione della zona sottostante contenente gli elementi riscaldanti.

In una seconda fase del procedimento, secondo l'invenzione, sugli strati 7 già depositati sulla superficie anteriore 5 (fig.4), viene depositato uno strato 34 di Fotoresist positivo dello spessore di circa $5\text{ }\mu\text{m}$, il quale protegge, durante la successiva lavorazione, gli altri strati 7 e riempie completamente un vano 33, creatosi quando nella zona 2a, dove verrà aperto il condotto 2 di alimentazione,

tutti gli strati esistenti 17, 19, 13, 16 sono stati asportati con un processo di erosione a secco, noto nella tecnica, lasciando libera un'area 32 di silicio nudo del supporto 3.

Lo strato 34 di Fotoresist viene impressionato attraverso una sottile maschera 35, di disegno particolare, secondo la presente invenzione, e sviluppato per delimitare l'area di sbocco 2a (fig. 4) del condotto di alimentazione 2, in corrispondenza della superficie anteriore 5.

La maschera 35 utilizzata in questa fase del procedimento di costruzione presenta una apertura 36 costituita da una scanalatura 37 di larghezza L_s , a forma di anello chiuso, stretto e allungato nella direzione parallela all'orientamento cristallografico $\langle 110 \rangle$ del supporto di silicio 3.

La larghezza L_s della scanalatura 37 è fissata preferibilmente in 10 - 50 μm , mentre la distanza L_a tra i lati lunghi esterni, opposti 38 dell'apertura 36 è compresa tra 100 e 130 μm , comunque non superiore alla larghezza L_1 più sopra definita.

I lati lunghi esterni 38 della scanalatura 37 e la loro distanza L_a definiscono rispettivamente il profilo e la larghezza dell'apertura di sbocco 2a finale del condotto di alimentazione 2, in corrispondenza della superficie anteriore 5; la lunghezza dei lati lunghi 38 nella direzione $\langle 110 \rangle$ dipende principalmente dal numero di ugelli previsti.

Il passo successivo del procedimento consiste nell'asportare il materiale nell'area della scanalatura 37 in direzione della parete

di fondo 28, per formare un canale 40 (fig.5) nel supporto di silicio 3, nello spessore P_3 del diaframma 30, per una profondità P_4 di 20 - 50 μm ; l'incisione del canale 40 è eseguita con una tecnica di incisione a secco, nota agli esperti, per formare con la massima precisione consentita i bordi 39 del canale 37, ossia lo spigolo tra il canale stesso e la superficie anteriore 5, e per ottenere la distanza L_a tra i bordi 39 ridotta a valori inferiori a 150 μm e preferibilmente a circa 100 μm .

Al termine di questa operazione lo strato di Fotoresist positivo 34 viene asportato, e al suo posto viene laminato sulla superficie anteriore 5, un film 9 (fig.1, 6) di un materiale fotosensibile, costituito da un Fotopolimero negativo, ad esempio VacrelTM, sul quale si ricavano con un processo fotolitografico le celle 8 di espulsione e i relativi canali di alimentazione 10.

Sul film fotosensibile 9, così lavorato, viene steso uno strato protettivo 44 di EmulsitoneTM (fig.6) il quale penetra nella scanalatura 40 e impedisce il deposito di sfridi nell'area già lavorata, ad esempio nelle celle 8, ed evita eventuali danni nelle lavorazioni successive.

A questo punto il diaframma 30 viene asportato con una operazione di taglio impiegando preferibilmente un fascio di raggi laser a vapori di rame; questa scelta è imposta dal fatto che il laser a vapori di rame permette di tagliare con grandissima precisione il diaframma 30, con un limitato riscaldamento del materiale circostante il taglio; il fascio di raggi laser viene applicato dalla

parte della superficie posteriore 6, contro la parete 28 del vano 26, e viene interrotto quando il taglio raggiunge il fondo del canale 40; con l'impiego del taglio a laser, le pareti del canale che così si viene a formare restano delimitate perfettamente e soprattutto gli strati costituenti la testina 1 nella zona prossima al taglio non vengono danneggiati, grazie al limitato riscaldamento provocato dal laser.

In alternativa, per asportare il diaframma 30, può essere impiegata la sabbiatura progressiva, applicata dalla parte posteriore del substrato 3, contro la parete 28, con l'accorgimento di erodere successivamente sottili strati di materiale, ad esempio avvicinando progressivamente l'ugello di sabbiatura, fino a quando lo scavo raggiunge il fondo del canale 40, e provoca il distacco della porzione di silicio 45 situata al suo interno.

Come si è visto, con il procedimento di costruzione descritto, secondo l'invenzione, il condotto di alimentazione 2 viene realizzato in tre fasi successive, delle quali la prima fase e la terza sono eseguite dalla parte posteriore del supporto 3, mentre la seconda fase è eseguita dalla parte anteriore; in questo modo il bordo del condotto di alimentazione allo sbocco 2a in corrispondenza della superficie anteriore 5 è realizzato nella seconda fase, ottenendo la massima precisione dimensionale e di finitura superficiale, assicurata dall'impiego di una incisione a secco in un'area dai contorni perfettamente delimitati, ottenibili solo con l'impiego di una maschera 35; inoltre viene evitato che gli agenti erosivi del diaframma 30, quali grani di sabbiatura, o altri mezzi erosivi,

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento perfezionato per la costruzione di un condotto di alimentazione per una testina di stampa a getto di inchiostro comprendente un elemento di supporto (3) di silicio di predefinito spessore, delimitato da una superficie anteriore (5) e da una superficie posteriore (6) opposte, piane e parallele, entrambe protette con uno strato passivante di materiale dielettrico (17,18), in cui una pluralità di celle (8) di espulsione dell'inchiostro, una corrispondente pluralità di elementi riscaldanti (11), contenuti dentro dette celle (8), atti ad espellere una predeterminata quantità di inchiostro e una pluralità di conduttori elettrici (12) collegati a detti elementi riscaldanti (11) sono ricavati in diversi strati sovrapposti, depositati su detta superficie anteriore (5), dette celle (8) essendo alimentate con l'inchiostro attraverso un condotto (2) attraversante detto supporto di silicio (3), caratterizzato dal fatto che detto procedimento per la costruzione di detto condotto di alimentazione (2) comprende tre fasi successive di erosione del supporto di silicio (3), delle quali la prima fase è eseguita su detta superficie posteriore (6) del supporto (3), la seconda fase è eseguita su detta superficie anteriore (5) del supporto (3), e la terza fase è eseguita dalla parte di detta superficie posteriore (6) in prosecuzione dell'erosione eseguita in detta prima fase.

2. Procedimento secondo la rivendicazione, caratterizzato da ciò che detta prima fase comprende i passi di:

a) definire una prima area (22) di forma prestabilita su detta superficie posteriore (6), opposta a detta superficie anteriore (5);

b1) incidere detto supporto (3) con un processo a secco in detta area (22) per ricavare un primo incavo (24) avente pareti laterali (25), perpendicolari a detta superficie posteriore (6) ed estendentesi attraverso detto spessore in direzione di detta superficie anteriore (5) di una prestabilita profondità (P_1);

b2) proseguire l'incisione di detto incavo (24) con una operazione di corrosione umida anisotropa, utilizzando un composto chimico anisotropo di attacco, per un predeterminato tempo di attacco, per ricavare un ulteriore incavo (26), comunicante con detto primo incavo (24) ed estendentesi attraverso detto spessore in direzione di detta superficie anteriore (5), per una profondità (P_2) e presentante una parete di fondo (28) perpendicolare a detta direzione e definente un diaframma (30) di predeterminato spessore (P_3) rispetto a detta superficie anteriore (5);

detta seconda fase comprendendo i seguenti passi:

c) definire su detta superficie anteriore (5) una seconda area (36), di forma anulare, allungata parallelamente a un orientamento cristallografico ($\langle 110 \rangle$) caratteristico di detto supporto (3);

d) incidere detto supporto (3) con processo a secco in detta seconda area (36), per una prestabilita profondità (P_4), in detto diaframma (30), in direzione di detta parete di fondo (28), per ricavare una scanalatura anulare (40), definente il profilo del bordo (39) del condotto di alimentazione finale (2a), in corrispondenza di

detta superficie anteriore (5) e

detta terza fase comprendendo il passo di:

e) erodere progressivamente detto diaframma (30), dalla parte di detta superficie posteriore (6), a partire da detta parete di fondo (28), in direzione di detta superficie anteriore (5), fino ad incontrare detta scanalatura anulare (40), per aprire detto condotto di alimentazione 2 tra detta superficie anteriore (5) e detta superficie posteriore (6).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che detta profondità (P_1) di detta cavità (25) è definita in circa il 30% dello spessore di detto supporto (3).

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, o 2, caratterizzato da ciò che detta profondità (P_2) è definita in circa il 50% dello spessore di detto supporto (3).

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4, caratterizzato da ciò che il passo b2) prevede l'impiego di un bagno di attacco chimico, composto da una soluzione acquosa, anisotropa di Etilendiammina e Pirocatecolo, di Idrossido di Potassio, o ancora di Idrazina.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, caratterizzato da ciò che il passo b2) prevede inoltre di interrompere la corrosione chimica della cavità (26) quando lo spessore (P_3) di detto diaframma (30) raggiunge circa il 15% - 20% dello spessore di detto supporto (3), e la larghezza (L_1) di detta parete di fondo (28) misura 100 - 130 μm .

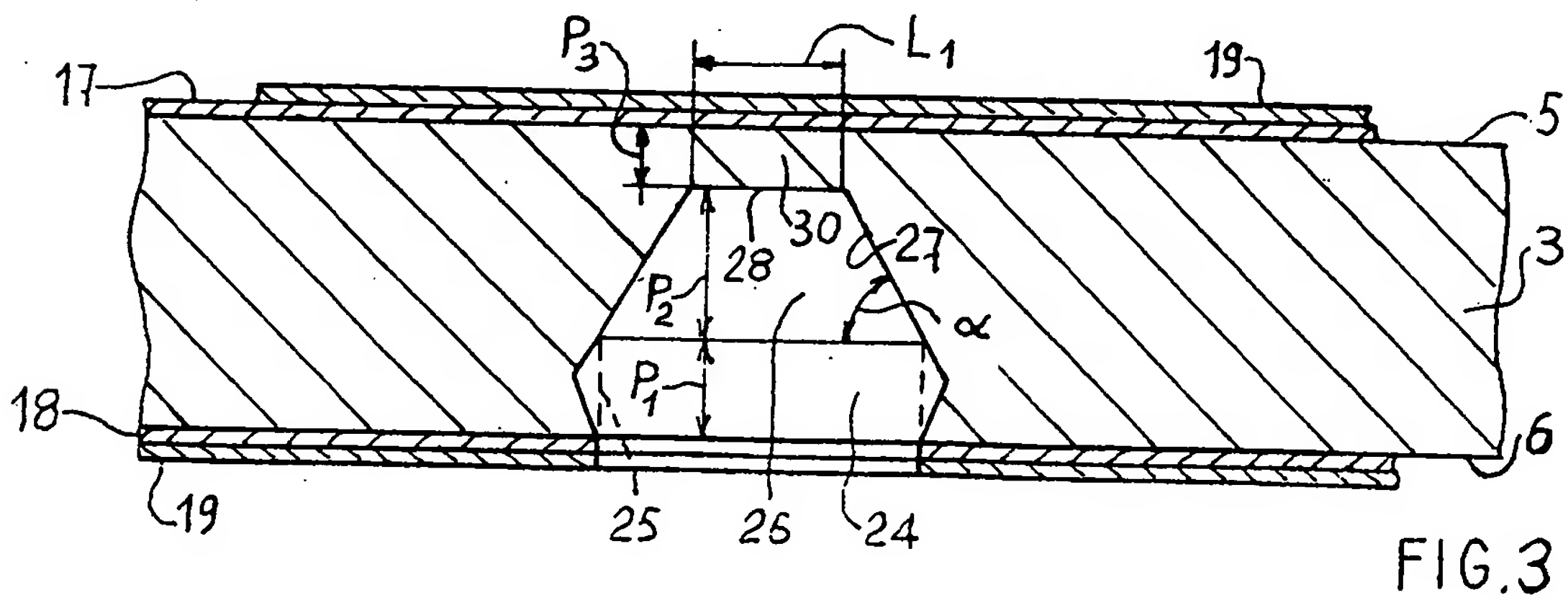
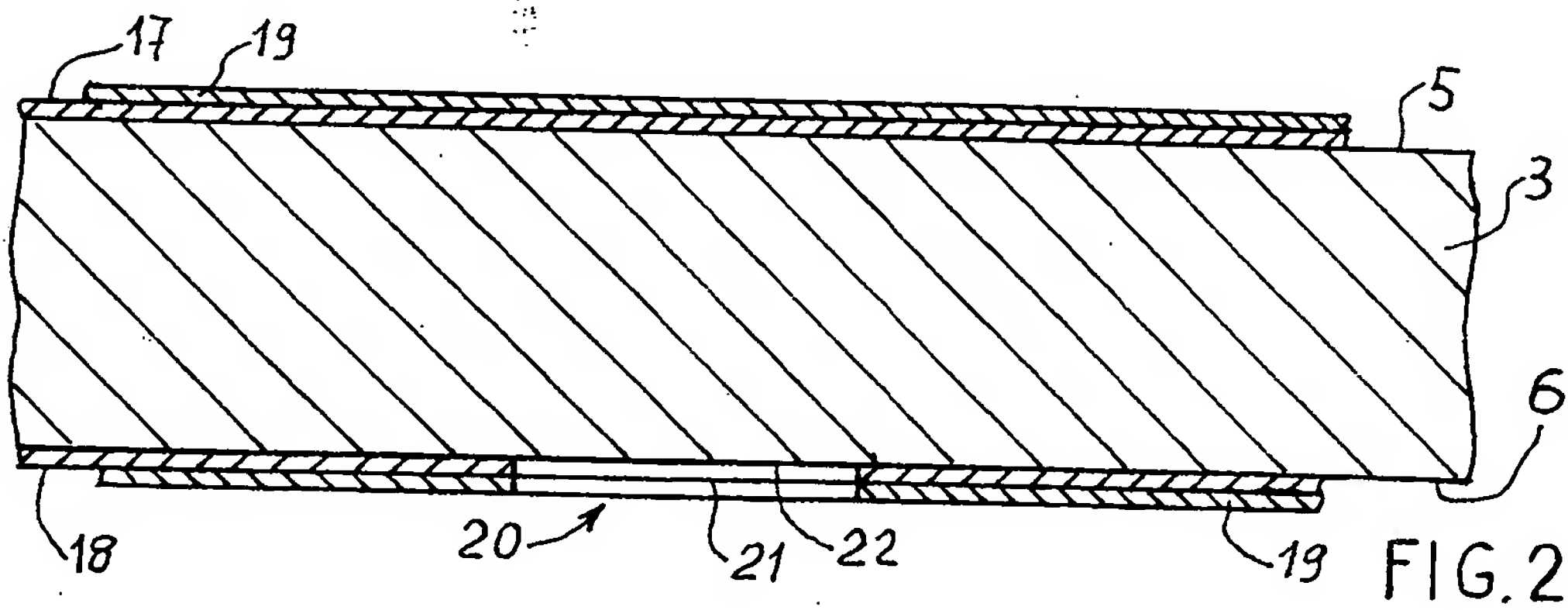
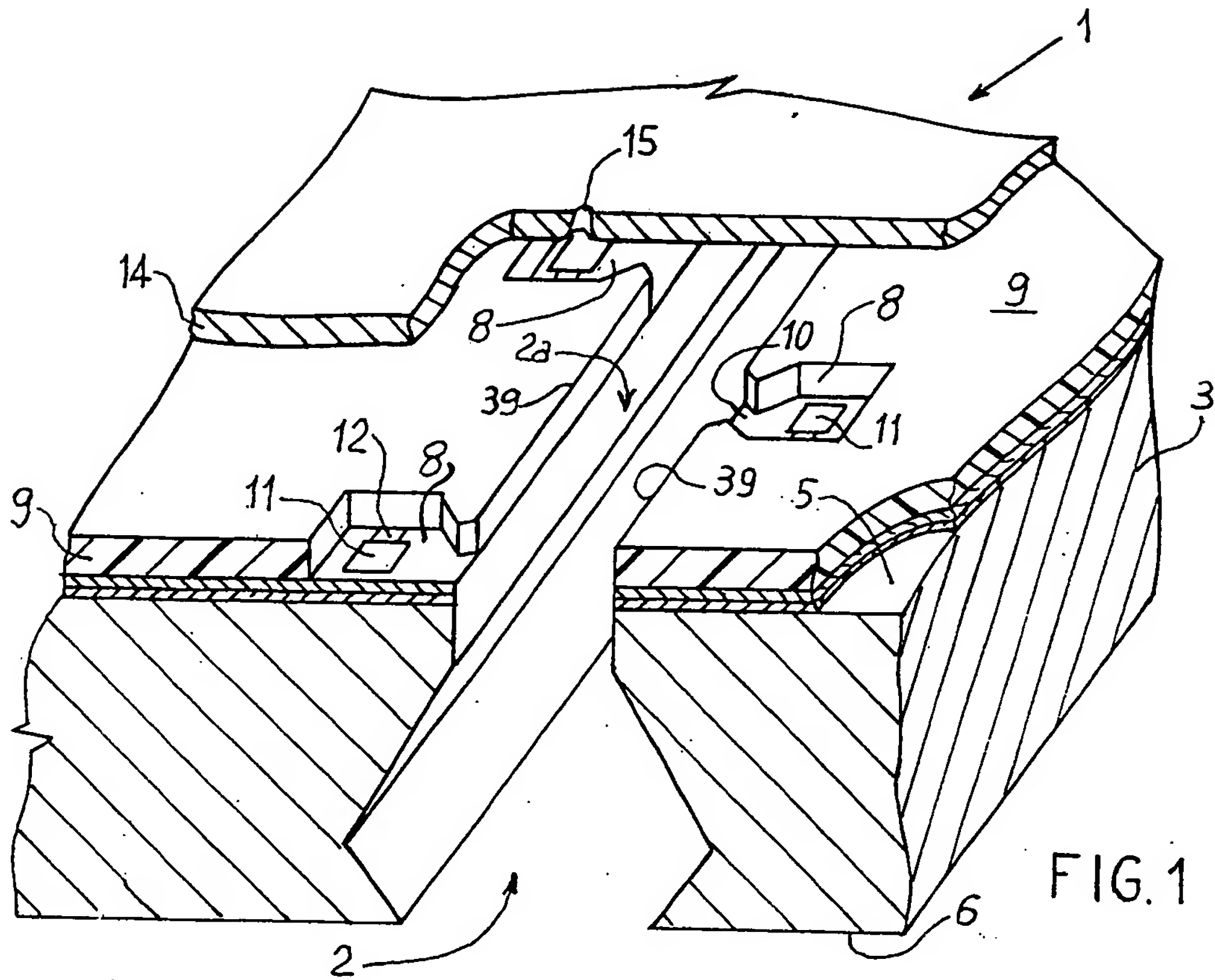
7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato da ciò che il passo e) prevede l'impiego di un fascio laser a vapori di rame.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che il passo e) comprende l'applicazione progressiva di un getto di sabbiatura, per asportare successivamente sottili strati di detto diaframma (30).

9. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato da ciò che il passo c) comprende l'impiego di uno strato (34) di Fotoresist positivo dello spessore di circa 5 μm , il quale viene impressionato e sviluppato con l'utilizzo di una maschera avente una apertura (36) a forma di scanalatura (37) anulare, stretta e allungata nella direzione parallela all'orientamento cristallografico $\langle 110 \rangle$ di detto supporto (3) per delimitare l'area di sbocco (2a) di detto condotto di alimentazione (2), in corrispondenza di detta superficie anteriore (5).

10. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato da ciò che la profondità (P_4) di detto canale anulare (40) è prefissata in circa 20 - 50 μm .

11. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato da ciò che detta seconda fase è preceduta dalla deposizione su detta superficie anteriore (5) di una pluralità di strati (7) necessari per creare detti elementi riscaldanti (11), detti conduttori elettrici (12), ricoperti a loro volta da strati protettivi di nitruro e carburo di silicio (13), e uno strato (16) di Tantalio a



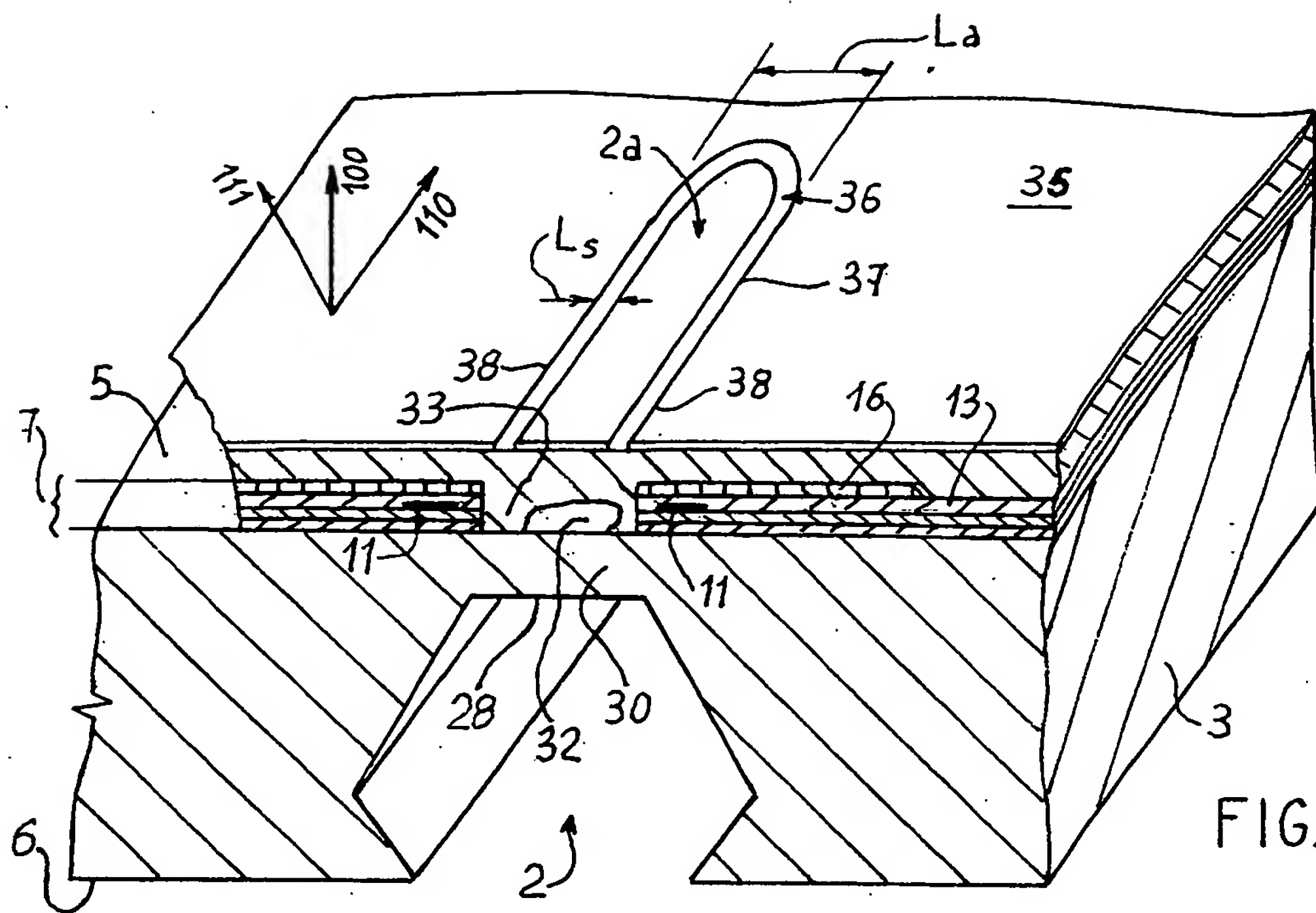


FIG. 4

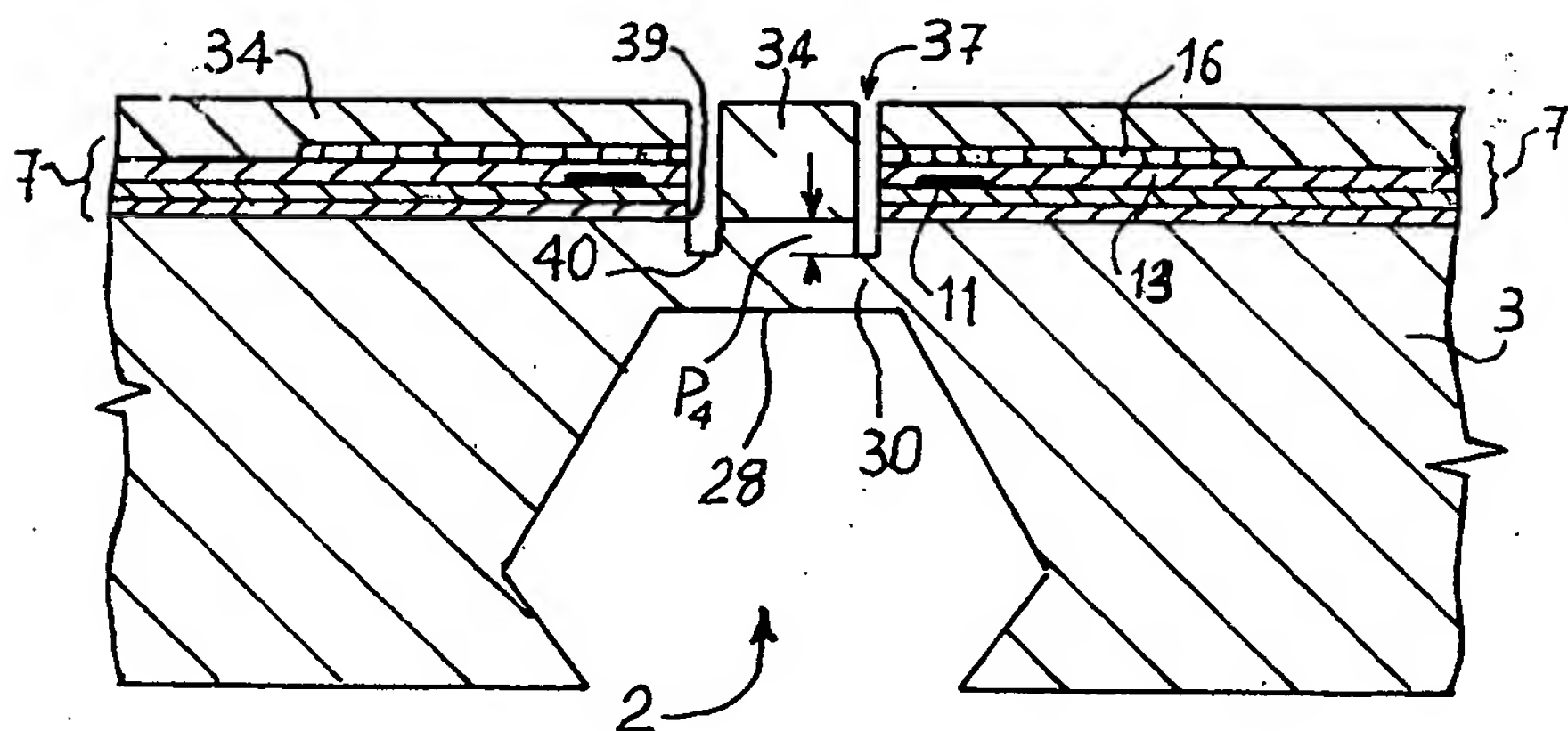


FIG. 5

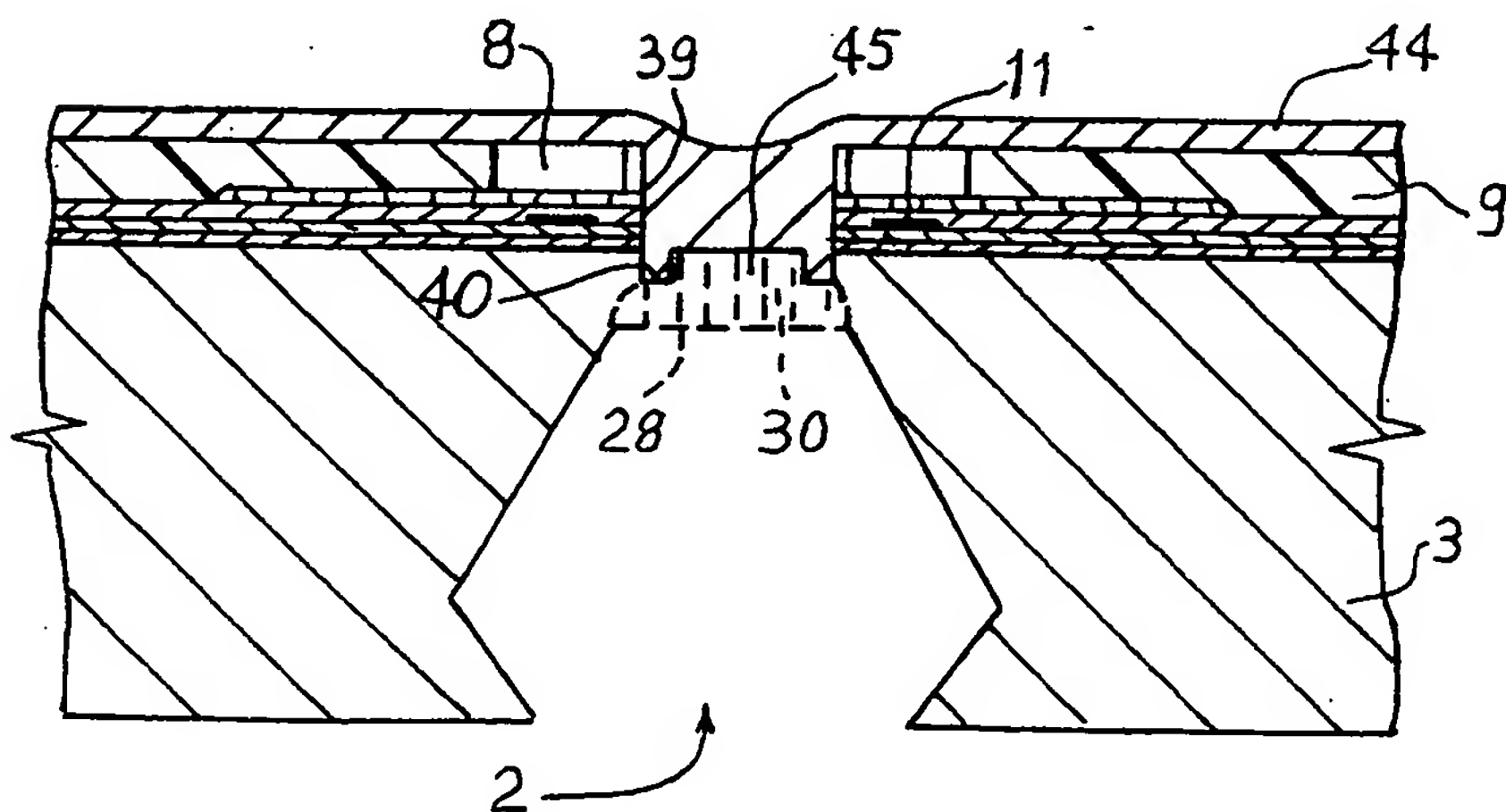


FIG. 6

IMPROVED PROCESS FOR CONSTRUCTION OF A FEEDING DUCT FOR AN INK JET PRINTHEAD

Technical field

This invention relates to an improved process for construction of a feeding duct for an ink jet printhead, particularly for a "top-shooter" type ink jet printhead, i.e. one in which the droplets of ink are ejected perpendicularly to the substrate containing the expulsion chambers and the heating elements.

Short description of the state of the art

As is known in the sector art, for example from Italian patent No. 1234800, and from USA patent No. 5387314, a printhead of the above-mentioned type is made using as the substrate a portion of a thin disk of crystalline silicon approx. 0.6 mm thick, on which are deposited by way of vacuum processes the heating elements, or resistors, made of portions of an electrically conducting layer and the relative connections with the outside; the resistors are arranged inside cells made in the thickness of a layer of photo-sensitive material, for instance VACREL TM, and obtained together with the lateral ink feeding channels in a photolithographic process; the cells are filled with a volume of ink fed through a narrow, oblong feeding duct, shaped as a slot, which traverses the silicon substrate and communicates with the lateral channels of the cells. According to the known art, the slots are made with a wet etching applied to the end opposite the cells, and completed with a laser etching, or with sand blasting.

The known techniques for etching of the slots have the drawback that the edge of the slot facing the cells has geometrical irregularities caused either by the action of the grains of abrasive used for sand blasting, or by cracks and fissures caused by an incipient melting of the material if a laser beam is used for the etching; these irregularities disturb the flow of ink at the entrance to the cells and are particularly damaging in the case of very narrow slots, i.e. of width less than 250 μm approx., and in multiple heads with slots side by side in the same portion of the silicon substrate.

Summary description of the invention

The main object of this invention is therefore that of defining an improved process for the manufacture of a feeding duct for an ink jet printhead exempt of the drawbacks mentioned above and in particular having a slot-like aperture of a very low width local to the expulsion cells, to permit multiple heads, and/or heads with a large number of nozzles, to be produced on the same silicon substrate, capable of ejecting very small droplets (<5 pl), particularly suitable for printing images with photographic resolution.

In accordance with this invention, an improved process for the manufacture of a feeding duct for an ink jet printhead, characterized as defined in the main claim, is now presented.

Brief description of the drawings

This and other characteristics of the invention shall appear more clearly from the following description of a preferred embodiment of the

process for processing the feeding duct, provided by way of non-restricting example, with reference to the figures in the accompanying drawings.

figure 1 represents a perspective view in partial section of a printhead showing the disposition of some ink ejection cells, hydraulically connected to
5 a feeding duct built according to this invention;

figures 2 to 6 represent the successive stages of the process for manufacture of the ink feeding duct of the head of fig. 1, according to this invention.

Detailed description of the invention

10 With reference to figure 1, with the numeral 1 is designated as a whole a printhead, in which the feeding duct 2 is built according to the process the subject of this invention.

The head 1 is made of a support element or dice 3 of crystalline silicon, cut from a larger disc or wafer with crystallographic orientation <100>
15 (fig. 4), and of thickness between 500 and 600 μm , delimited by two opposite surfaces 5 and 6 (fig. 1), flat and parallel, respectively called front surface 5 and rear surface 6 for clarity of the description.

A plurality of cells 8 for expulsion of the ink are made in the thickness of a layer of photosensitive type resin 9, known in the sector art, and
20 communicate hydraulically through channels 10 with the feeding duct 2, constructed according to the process the subject of this invention.

On the bottom of each cell 8 are the heating elements 11, made in a known way, from a layer of electrically resistive material, placed between

isolating layers made of silicon nitrides and carbides; the heating elements 11 are in turn electrically connected to electric conductors 12 made in a layer of conducting material, such as aluminium, tantalum, etc. which are connected to external electronic circuits for supplying the electrical pulses for
5 expulsion of the droplets of ink.

Finally on the layer of resin 9 a lamina 14 is stuck, which may be of a metal, such as gold, or nickel, or an alloy thereof, or of a resin, such as KaptonTM, which bears the nozzles 15 for ejection of the ink droplets, arranged in correspondence with each cell 8.

10 The substrate 3 (fig. 2) is previously passivated on both its opposite surfaces 5 and 6 via the depositing of a dielectric and thermally isolating layer, 17 and 18 respectively, of SiO₂, having a thickness of approx. 1.5 µm. The layers 17, 18 constitute a flat and homogeneous base for anchoring the further layers deposited during construction of the head 1.

15 Each of the layers 17 and 18 is coated with a protective layer 19 of a photosensitive substance. The photosensitive substance normally consists of epoxy and/or acrylic resins, polymerisable through the effect of light radiations.

The protective layer 19, covering the passivator rear surface 18, after
20 being exposed to light with a suitable mask, is developed and partially removed using the known photolithographic technique, to form a rectangular shape aperture 20, elongated in the direction parallel to the crystallographic axis <110> of the silicon substrate 3 (fig. 1).

The aperture 20 leaves uncovered a zone 21 of the underlying layer 18 of SiO_2 , suitable for being corroded subsequently and chemically removed with a selective etching solution based on hydrofluoric acid (HF), to free a corresponding area 22 of the silicon substrate 3 (fig. 2).

5 A fuller description of the structure of an ink jet printhead of the type shown in fig. 1 will be found in the above-mentioned Italian patent No. 1.234.800.

The work for producing the feeding duct 2, according to this invention, starts on the rear surface 6, with a dry etching operation, for instance sand-
10 blasting, of the area 22, performed for a depth P_1 of approx. 30% of the thickness of the substrate 3 (fig. 3); with this operation and using a substrate 3 of silicon of about $600\text{ }\mu\text{m}$ thick, a first cavity 24 of depth P_1 of about $180\text{ }\mu\text{m}$ is obtained, with side walls 25 (dashed line) perpendicular to the surface 6 of the substrate 3.

15 The work continues with an anisotropic electrolytic corrosion operation, in a chemical etching bath, using one of the known anisotropic solutions based on ethylenediamine and pyrocatechol, or based on potassium hydroxide, or again on hydrazine.

Each of the solutions used has a maximum etching gradient " G_{100} ",
20 which develops according to the direction of the crystallographic axis $\langle 100 \rangle$ of the substrate 3 and varying between 0.75 and $1.8\text{ }\mu\text{m}/\text{min}$, at a temperature of roughly 90°C , whereas the ratio G_{100}/G_{111} , where G_{111} is the

gradient of anisotropic etching according to the crystallographic axis direction $\langle 111 \rangle$, may range between 35 : 1 and 400 : 1.

Accordingly the chemical etching in this stage of the process proceeds preferably in the characteristic direction $\langle 100 \rangle$ and much less in the direction $\langle 111 \rangle$, inclined by an angle α of approximately 54° with respect to the surfaces 5 and 6 of the substrate 3 (fig. 4); the chemical corrosion in this stage therefore produces a further cavity 26, (fig. 3) communicating with the cavity 24 and bound by lateral walls 27, inclined by the angle α with respect to the surface 6 of the substrate 3 and by a rear wall 28, opposite the cavity 24. The depth P_2 of the cavity 26, reached in the direction perpendicular to the surface 6, depends on the gradient of etching G_{100} of the etching solution employed and by the time taken.

In a preferred embodiment, according to the invention, the chemical etching action is continued until such time as the depth P_2 of the cavity 26 reaches a prefixed value of approximately 50% of the thickness of the substrate 3, while the rear wall 28 of the excavation attains a width L_1 of approximately $150 \mu\text{m}$, so as to leave a diaphragm 30 between the rear wall 28 and the front surface 5 of thickness P_3 of approximately $100 \mu\text{m} \pm 20 \mu\text{m}$, equal to roughly 15% - 20% of the thickness of the substrate 3.

At this point, the construction of the feeding duct 2 is interrupted in order to proceed to deposition on the front surface 5 (fig. 4) of a plurality of layers 7 necessary to create the heating elements 11, the relative electric conductors 12 (fig. 1), coated in turn with protective layers of silicon nitride

and carbide 13, and a layer 16 of tantalum protecting the underlying zone containing the heating elements.

In a second stage of the process, according to the invention, on the layers 7 already deposited on the front surface 5 (fig. 4), a layer 34 of positive photoresist about 5 μm thick is deposited, which protects the other layers 7 during subsequent work and completely fills up a recess 33 created when, in the zone 2a in which the feeding duct 2 will be opened, all the existing layers 17, 19, 13, 16 have been removed with a dry etching process, known in the sector art, leaving free an area 32 of bare silicon of the substrate 3.

10 The layer 34 of photoresist is exposed through a thin mask 35, of a particular design, according to this invention, and developed in order to bound the outlet area 2a (fig. 4) of the feeding duct 2, in correspondence with the front surface 5.

The mask 35 used in this stage of the manufacturing process contains an aperture 36 consisting of a groove 37 of width L_s , in the shape of a closed, narrow ring elongated in a direction parallel to the crystallographic direction $\langle 110 \rangle$ of the silicon substrate 3.

The width L_s of the groove 37 is preferably established as 10 - 50 μm , whereas the distance L_a between the external, opposite long sides 38 of the aperture 36 is between 100 and 130 μm , and in any case not greater than the width L_1 defined above.

The external long sides 38 of the groove 37 and the distance L_a between them define respectively the profile and the width of the final outlet

aperture 2a of the feeding duct 2, in correspondence with the front surface 5; the length of the long sides 38 in the direction $\langle 110 \rangle$ depends mainly on the number of nozzles foreseen.

The next step of the process consists in removing the material in the area of the groove 37 in the direction of the rear wall 28, to form a channel 40 (fig. 5) in the silicon substrate 3, in the thickness P_3 of the diaphragm 30, over a depth P_4 of 20 - 50 μm . Etching of the channel 40 is performed with a dry etching technique, known to those acquainted with the sector art, to form with the greatest precision allowed the edges 39 of the channel 37, namely the corner between the channel itself and the front surface 5, and to obtain the distance L_a between the edges 39 reduced to values of less than 150 μm and preferably to approx. 100 μm .

At the end of this operation, the layer of positive photoresist 34 is removed. In its place, on the front surface 5, a film 9 (fig. 1, 6) of a photosensitive material, consisting of a negative photopolymer, for example VacrelTM, is laminated, and on this are produced in a photolithographic process the ejection cells 8 and the associated feeding channels 10.

Spread on the photosensitive film 9, accordingly worked, is a protective layer 44 of EmulsitoneTM (fig. 6) which penetrates the groove 40 and prevents shavings from being deposited in the area already worked, in the cells 8 for instance, and avoids further damage in successive work steps.

At this point, the diaphragm 30 is taken away in a cutting operation, preferably employing a beam of copper vapour laser rays; this choice is

dictated by the fact that the copper vapour laser allows cutting with extremely high precision of the diaphragm 30, with a low heating of the material around the cut. The laser beam is applied from the rear surface 6 side, against the wall 28 of the recess 26, and is interrupted when the cut reaches the bottom
5 of the channel 40;

by using a laser cut, the walls of the channel thus formed remain perfectly delimited and above all, the layers comprising the head 1 in close proximity of the cutting zone are not damaged, thanks to the limited heating generated by the laser.

10 Alternatively, progressive sand-blasting may be used to take away the diaphragm 30, where applied from the rear part of the substrate 3, against the wall 28, taking care to successively erode thin layers of material, for example by bringing the sand-blasting nozzle progressively closer, until the cutting reaches the bottom of the channel 40, and results in the detachment
15 of the portion of silicon 45 located inside.

As has been seen, with the manufacturing process described, according to the invention, the feeding duct 2 is made in three successive stages, of which the first stage and the third stage are performed at the rear of the substrate 3, while the second stage is performed at the front. In this
20 way, the edge of the feeding duct at the outlet 2a in correspondence with the front surface 5 is produced in the second stage, obtaining maximal precision of dimensions and surface finish, ensured by employing a dry etching in an area with perfectly delineated contours, which can only be obtained by using

a mask 35. Furthermore, this avoids the erosive agents of the diaphragm 30, such as sand-blasted grains, or other erosive means, used in the step of removing the diaphragm 30, from impairing the precision produced edge 39, without flakings, and/or irregularities.

5 Later the layer of EmulsitoneTM is eliminated and a sheet of KaptonTM 14 (fig. 1), bearing one or more rows of nozzles 15, is heat glued on top of the layer 9 containing the cells 8 and the associated feeding channels 10, where each nozzle is placed with the maximum precision in correspondence with the corresponding ejection cell.

10 It will be understood that changes or variants may be made to the manufacturing process of the feeding duct for an ink jet printhead, according to the invention, and that the head produced in this way may have its shapes and dimensions modified, without however departing from the scope of the invention.

CLAIMS

1. Improved process for construction of a feeding duct for an ink jet printhead of the type comprising :

5 a substrate (3) of silicon of a given thickness, said substrate being delimited by a front surface (5) and a rear surface (6), opposite, flat and parallel and both protected by a passivating layer of dielectric material (17,18),

a plurality of ink ejection cells (8) provided for being fed with ink through a duct (2) traversing said silicon substrate (3),

10 a plurality of heating elements (11) corresponding to said plurality of ejection cells (8), said heating elements (11) being contained inside said cells (8) and being suitable for ejecting a given quantity of ink, and

a plurality of electric conductors (12) connected to said heating elements (11),

15 wherein said pluralities of ink ejection cells (8), of heating elements (11) and of electric conductors (12) are made in various overlaid layers, deposited on said front surface (5),

said process for the construction of said feeding duct (2) being **characterized in that** it comprises three successive stages of erosion of the
20 silicon substrate (3), of which the first stage is performed on said rear surface (6) of the substrate (3), the second stage is performed on said front surface (5) of the substrate (3), and the third stage is performed on said rear surface (6) in continuation of the erosion performed in said first stage.

2. Process according to claim 1, **characterized in that** said first stage comprises the steps of:

a) defining a first area (22) of predetermined shape on said rear surface (6), opposite said front surface (5);

5 b1) etching said substrate (3) with a dry process in said area (22) for producing a first recess (24) having lateral walls (25), perpendicular to said rear surface (6) and extending through said thickness in the direction of said front surface (5) of a predetermined depth (P_1);

b2) continuing the etching of said recess (24) with an anisotropic
10 electrolytic corrosion, using an anisotropic chemical compound for etching, for a predetermined etching time, to produce a further recess: (26), communicating with said first recess (24) and extending through said thickness in the direction of said front surface (5), for a depth (P_2) and having a rear wall (28) perpendicular to said direction and defining a diaphragm (30)
15 of given thickness (P_3) with respect to said front surface (5);

said second stage comprising the following steps:

c) defining on said front surface (5) a second area (36), ring-shaped, elongated and parallel to a characteristic crystallographic direction ($\langle 110 \rangle$) of said substrate (3);

20 d) etching said substrate (3) with a dry process in said second area (36), for a predetermined depth (P_4), in said diaphragm (30), in the direction of said rear wall (28), to produce a ring-shaped groove (40), defining the

contour of the edge (39) of the final feeding duct (2a), in correspondence with said front surface (5) and

said third stage comprising the step of:

5 e) progressively eroding said diaphragm (30), from said rear surface (6), starting from said rear wall (28), in the direction of said front surface (5), until said ring-shaped groove (40) is met, in order to open said feeding duct 2 between said front surface (5) and said rear surface (6).

3. Process according to claim 1, **characterized in that** said depth (P_1) of said cavity (25) is defined as approximately 30% of the thickness of said
10 substrate (3).

4. Process according to claim 1 or 2, **characterized in that** said depth (P_2) is defined as approximately 50% of the thickness of said substrate (3).

5. Process according to one of the claims from 1 to 4, **characterized in that** the step b2) provides for the use of a chemical etching bath, consisting
15 of an anisotropic aqueous solution of ethylenediamine and pyrocatechol, of potassium hydroxide, or again of hydrazine.

6. Process according to claim 5, **characterized in that** the step b2) also provides for interrupting the chemical corrosion of the cavity (26) when the thickness (P_3) of said diaphragm (30) reaches approximately 15% - 20% of
20 the thickness of said substrate (3), and the width (L1) of said rear wall (28) measures 100 - 130 μm .

7. Process according to any of the previous claims, **characterized in that** the step e) provides for the use of a copper vapour laser beam.

8. Process according to claim 1, **characterized in that** the step e) comprises the progressive application of a sand-blasting jet, for successively removing thin layers of said diaphragm (30).
9. Process according to any of the previous claims, **characterized in**
5 **that** the step c) comprises the use of a layer (34) of positive photoresist of a thickness of approximately 5 μm , which is exposed and developed using a mask having an aperture (36) in the form of a narrow, ring-shaped groove (37), elongated in the direction parallel to the crystallographic direction $\langle 110 \rangle$ of said substrate (3) for delimiting the outlet area (2a) of said feeding duct (2),
10 in correspondence with said front surface (5).
10. Process according to any of the previous claims, **characterized in that** the depth (P_4) of said ring-like channel (40) is predetermined as approximately 20 - 50 μm .
11. Process according to any of the previous claims, **characterized in**
15 **that** said second stage is preceded by the depositing on said front surface (5) of a plurality of layers (7) needed for creating said heating elements (11), said electric conductors (12), in turn coated with protective layers of silicon nitride and carbide (13), and a layer (16) of tantalum protecting the underlying zone containing the heating elements (11).
- 20 12. Process according to claim 11, **characterized in that** said third stage is preceded by the production of said cells (8) in a layer (9) of photosensitive material, deposited on said plurality of layers (7).

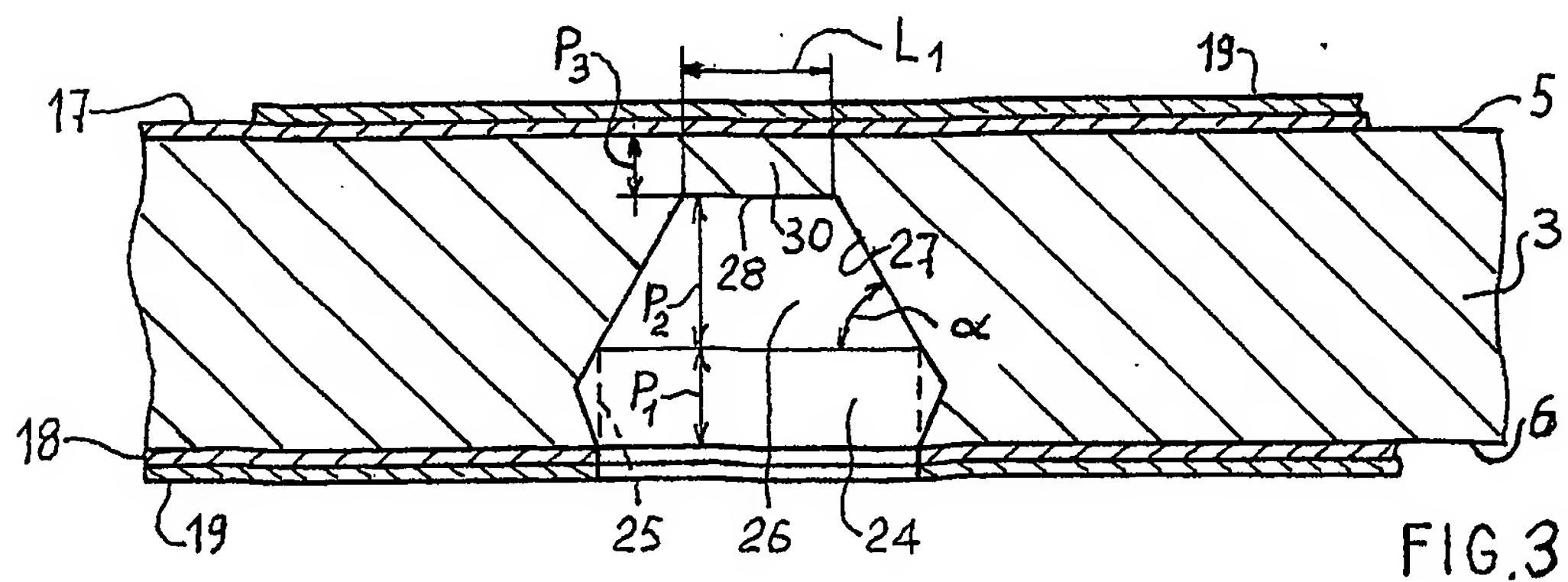
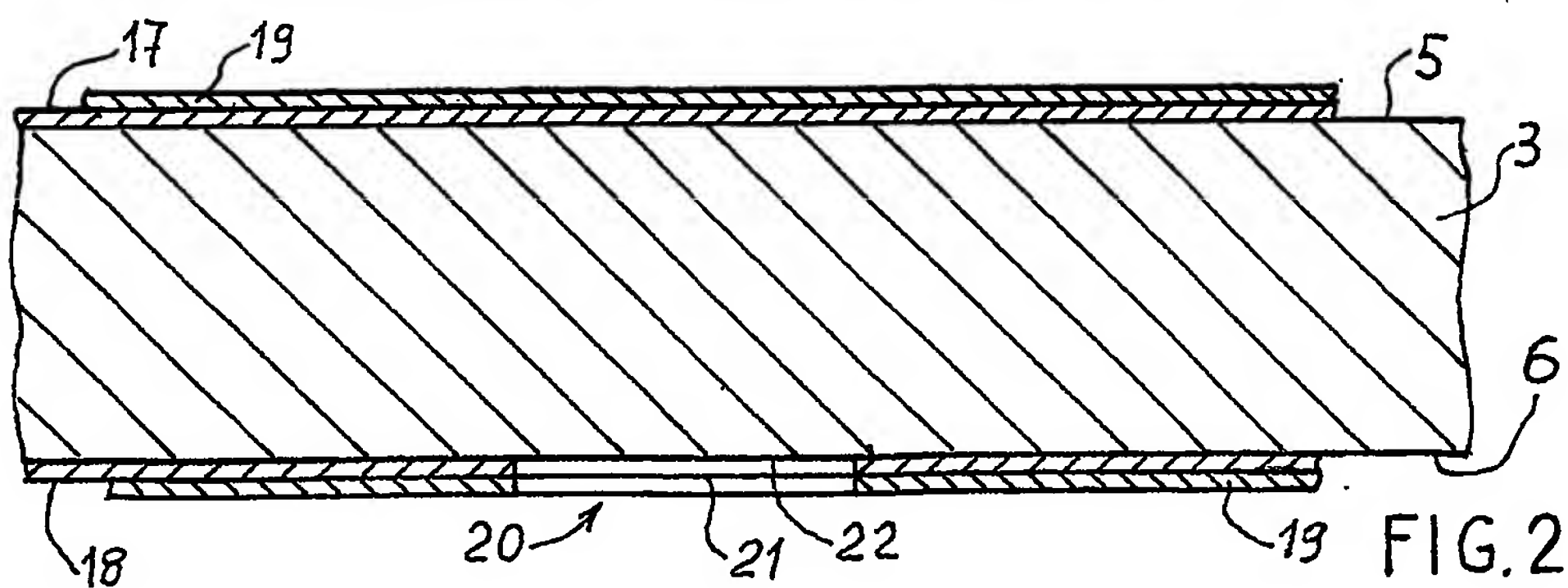
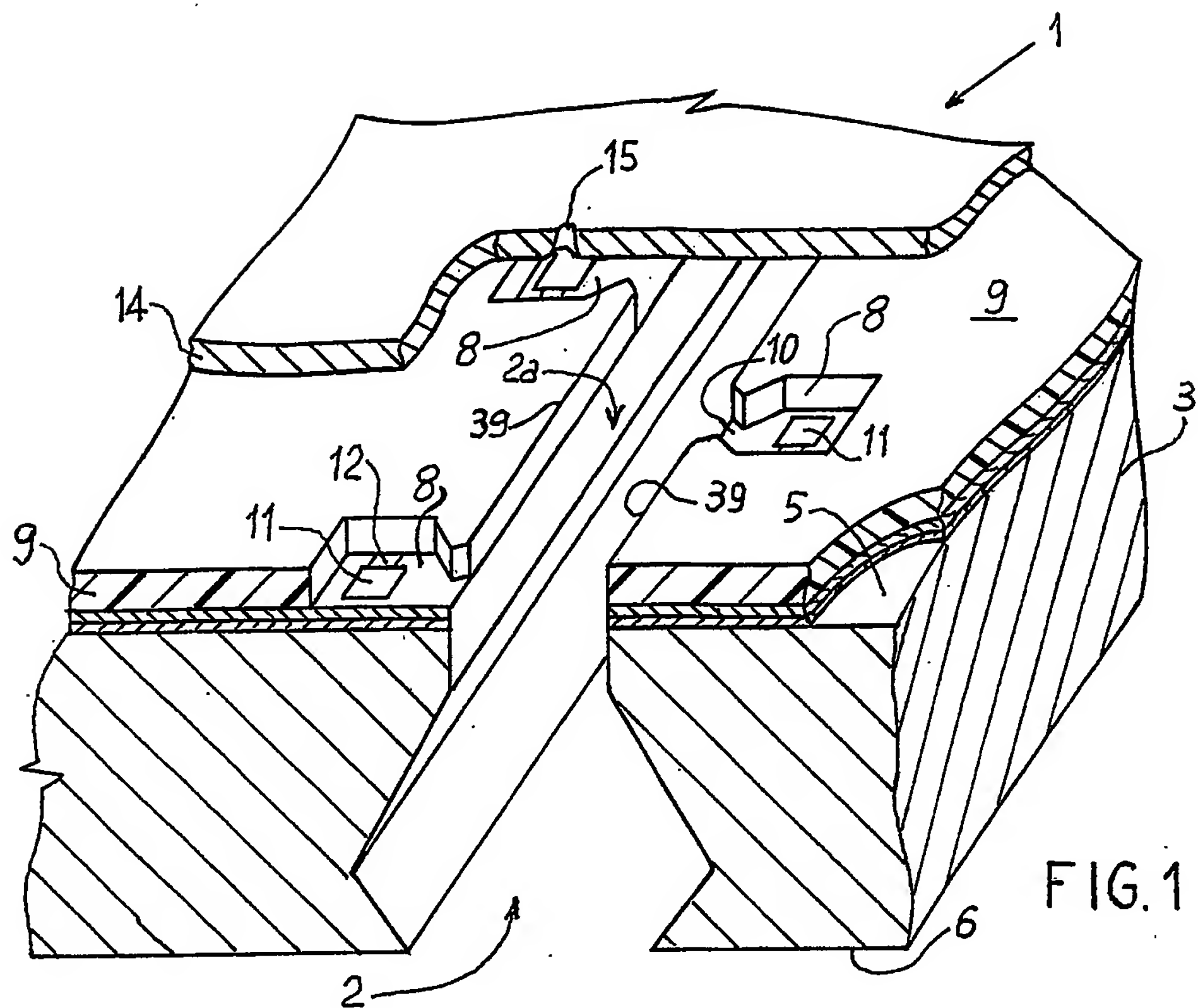
13. Process according to claim 12, **characterized in that** said third stage is followed by an operation of gluing on said layer of photosensitive material (9) of a lamina (14) bearing a plurality of nozzles (15), aligned with respective cells (8), for the ejection of ink droplets.

5 14. Ink jet printhead, in which droplets of ink are ejected through a plurality of nozzles by corresponding ejection cells (8), made in a layer (9) of a plurality of layers (7) deposited on a silicon substrate (3), delimited by a front surface (5) and by a rear surface (6), opposite, flat and parallel, said cells (8) being fed with the ink through a feeding duct (2) traversing said substrate (3)
10 and having an outlet area (2a) on said front surface (5), **characterized in that** said duct (2) is made in three successive stages of erosion of said substrate (3), of which the first stage is performed on said rear surface (6) for producing a first cavity (24) having a predetermined depth (P1), and a further cavity (26) communicating and having a predetermined depth (P2), extending
15 in the direction of said front surface (5), and having a rear wall (28) separated from said front surface (5) by a diaphragm (30),

the second stage is performed on said opposite, front surface (5) for etching a channel (40) in the direction of said diaphragm (30), of predetermined depth (P4) and defining the contour of said outlet area (2a),

20 and the third stage is performed from said rear surface (6) as a continuation of the erosion performed in said first stage, for removing said diaphragm (30) and opening said duct (2) between said rear (6) and front (5) surfaces.

1/2



2/2

